

Мифы о сланцевом газе

Антонина Ступакова
Дмитрий Митронов

В последние 5–7 лет в мире, в том числе и в России, в средствах массовой информации, научно-популярных и научных изданиях обсуждают тему «сланцевой революции». Этот интерес связан с тем, что за короткий период США смогли преодолеть тенденции падающей добычи нефти и газа и нарастили добычу газа до рекордного уровня, обогнав РФ по этому показателю [1]. Резкий рост добычи наблюдался именно применительно к «сланцевому газу», и сегодня перспективы дальнейшего увеличения доли нетрадиционного газа в структуре добычи в США связывают именно с этим видом источников углеводородов.

При повышенном интересе к сланцевой тематике вокруг нее возникают разнообразные мифы. Авторы анализируют геологические, экологические, экономические и российские мифы, предлагают свою методологию изучения и освоения ресурсов нефти и газа из сланцевых формаций на территории России.

Ключевые слова: сланцевые формации, компонентный состав газа, гидроразрыв пласта, загрязнение подземных вод, себестоимость добычи, региональный ресурс.

Добыча газа из нетрадиционных источников — это новое революционное направление в нефтегазовой геологии, но даже в США нет устоявшейся терминологии в этой области. Поэтому остановимся на отдельных терминах.

Сланцевая терминология

Natural gas in low permeability clastic deposits, tight sand gas, tight sandstone gas или просто *tight gas* — термины, применяемые к нетрадиционным ресурсам природного газа в плотных коллекторах с низкой проницаемостью (менее 0,10 мД), обычно представленных песчаниками, иногда другими породами [2].

Natural gas in coal, coal gas, coal seam gas, and Coal Bed Natural Gas, но чаще используют *Coal Bed Methane*, или сокращенно *СВМ*, — термины, применяемые к природному газу, добываемому самостоятельно из пластов угля и угленосных формаций. Извлекаемый из угольных пластов газ средствами шахтной дегазации, являющийся попутным полезным ископаемым, называют *coal mine methane (СММ)* [3].

Natural shale gas produced from shale formations, natural gas in shale/mudstone, gas from shale, Devonian shale gas (на востоке США), или сокращенно *shale gas*, — термины, применяемые к природному газу, добываемому из сланцевых формаций, являющихся и источником (газоматеринской породой), и коллектором газа [4]. Следует отметить, что термин в сокращенной форме не является корректным. Еще в XIX веке сланцевым газом (*shale gas*) называли смесь газообразных продуктов, получаемых при термической переработке горючих сланцев [5]. В общероссийском классификаторе видов экономической деятельности, продукции и услуг

Антонина Ступакова — д. г.-м. н., заведующий кафедрой геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Область научных интересов — геология нефти и газа.

Дмитрий Митронов — к. г.-м. н., научный сотрудник кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова.

MYTHS ABOUT SHALE GAS

The theme of "shale revolution" is discussed during the last 5-7 years all over the world, including our country, in the media, popular science and scientific publications. This interest is due to the fact that in a short period of time, the United States were able to overcome the trend of falling oil and gas production, and increased production of gas to record levels ahead of the Russian Federation by this indicator [1]. The sharp rise in production is observed in relation to the "shale gas", and today the prospects for further increasing the share of unconventional gas in the United States' natural gas production are associated with this kind of non-conventional sources of hydrocarbons (HC).

With increased interest in the shale theme, a variety of myths emerge around. The authors analyze the geological, environmental, economic and Russian (about domestic shale formations) myths, offer their methodology of studies and development of oil and gas resources from shale formations in Russia.

Keywords: shale formations, gas composition, reservoir fracturing, groundwater pollution, the cost of production, regional resource. Antonina Stoupakova, Dmitry Mitronov

для обозначения именно этого газа используют термин «Газ горючий искусственный сланцевый» (Код «ОКДП 4020111»).

Shale — термин, широко используемый в англоязычной литературе для обозначения терригенных осадочных пород, состоящих из частиц алеврито-

вой и пелитовой фракций, обладающих сланцеватостью (способностью относительно легко расщепляться на тонкие ровные пластины, ограниченные параллельными плоскостями). При содержании органического вещества 10–50% породу называют горючим или нефтяным сланцем (*petroliferous shale* или *oil shale*).

Со сланцевыми породами связан еще один вид углеводородов (УВ) — сырая нефть. Первоначально для ее обозначения в США использовали термин «*shale oil*». Но *shale oil* (сланцевое масло, сланцевая смола) уже давно применяют для обозначения жидких продуктов преимущественно УВ состава, получаемых при переработке горючих сланцев [6]. Поэтому природную нефть, которая содержится в пластах породы с низкой проницаемостью в пределах сланцевой (углеродистой) формации, в настоящее время в англоязычной литературе стали называть «*tight shale oil*», «*tight oil*», «*light tight oil*» сокращенно — ЛТО [7].

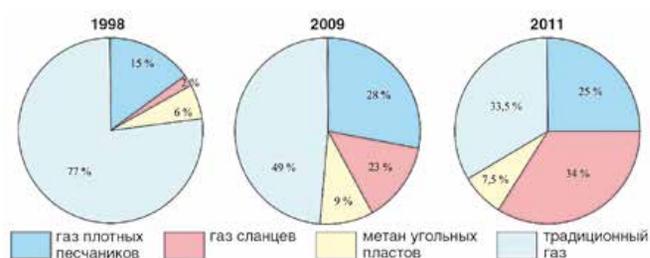
14 сланцевых мифов

Как и следует ожидать, при повышенном интересе к какому-либо вопросу вокруг него возникают разнообразные мифы. Это справедливо и для тематики «сланцевого газа» и «сланцевой революции». Таких мифов достаточно много, поэтому в данной статье мы кратко рассмотрим лишь 14 наиболее распространенных из них. Условно их можно разделить на четыре группы: геологические, экологические, экономические и российские.

Геологические мифы

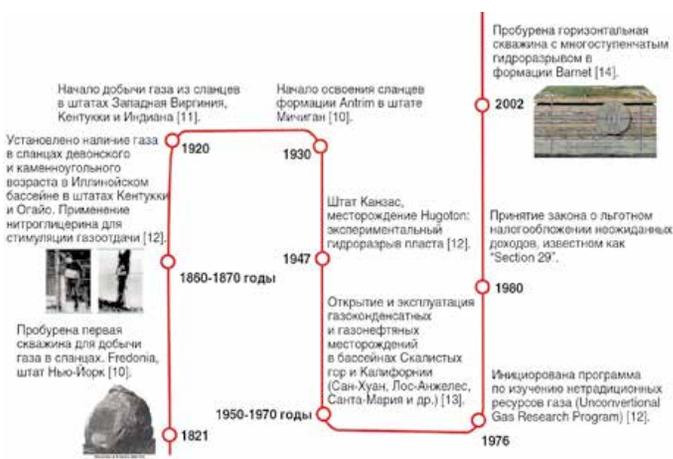
Миф 1. Сам термин «сланцевая революция» является мифом. Его появление приписывают Тони Хэйуорду. Однако он в своем докладе в 2009 году на Международном газовом конгрессе в Буэнос-Айресе говорил о «тихой революции» (*quiet revolution*) в США, связанной с новыми технологиями добычи газа из всех нетрадиционных источников (плотные песчаники, сланцевые формации и метан угольных пластов). Основанием для этого заявления послужили данные

Рисунок 1
Структура добычи природного газа в США



Источник: U.S. Energy Information Administration

Рисунок 2
История добычи газа из сланцевых формаций США



о том, что добыча газа из нетрадиционных источников в США превысила 50% (рис. 1).

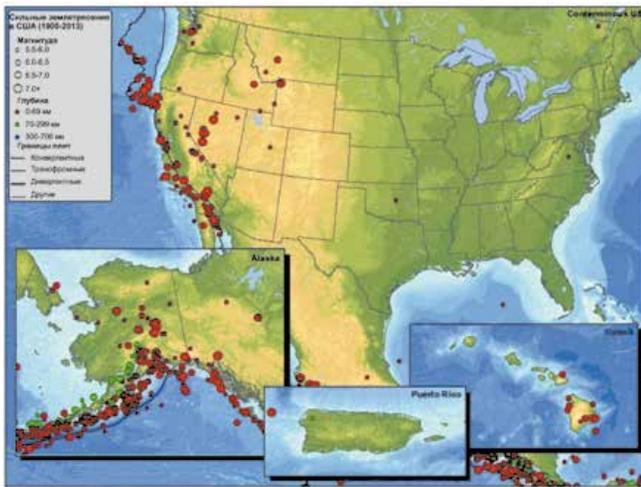
Миф 2. Одним из распространенных мифов в отечественной литературе является мнение о том, что начало промышленной добычи газа из сланцевых формаций относится к 1980-м годам (освоение газоносных сланцев формации Barnett). Однако скоро в США отметят 200-летний юбилей добычи газа из сланцевых формаций. Кратко история добычи газа из сланцевых формаций США представлена на рисунке 2.

Первая скважина для промышленной добычи газа была пробурена в сланцах девонского возраста

Таблица 1
Характеристика газоносных сланцевых формаций США [8, 9, 13]

Параметры	Сланцевая формация					
	Antrim	New Albany	Barnett	Marcellus	Ohio	Lewis
Глубина залегания формации, м	180-750	180-1500	2000-2600	1500-2600	600-1500	900-1800
Общая мощность формации, м	49	30-122	61-91	91-304	91-305	152-580
Суммарная мощность продуктивных горизонтов, м	21-37	15-30	15-61	15-60	9-30	61-91
Показатель отражения витринита, % R ^o	0,4-0,6	0,4-1,0	1,0-1,3	1,1-2,8	0,4-1,3	1,6-1,98
Газоносность, м ³ /т	1,18-2,96	1,18-2,37	8,88-10,36	1,7-2,83	1,78-2,96	0,44-1,33
Содержание сорбированного газа, %	70	40-60	20	40	50	60-85

Рисунок 3
Эпицентры крупных землетрясений в США



Источник: USGS

Рисунок 4
Карта разрабатываемых газоносных сланцев и космический снимок ночной поверхности США



Источники: U.S. Energy Information Administration; NASA

Fredonia (штат Нью-Йорк) в 1821 году Вильямом Хартом [8]. В 1860 – 1870-х годах наличие газа в сланцах девонского и каменноугольного возраста было установлено в Иллинойском бассейне в штатах Кентукки и Огайо. В это же время при добыче газа здесь впервые стали применять взрывчатые вещества (нитроглицерин) для стимуляции газоотдачи сланцев [9, 10]. В 1920-х годах добыча газа из сланцев осуществлялась в штатах Западная Виргиния, Кентукки и Индиана [9]. В 1930-х годах началось освоение сланцев формации Antrim в штате Мичиган [8]. В 1947 году

в штате Канзас на месторождении Hugoton впервые проведен экспериментальный гидроразрыв пласта [10]. В 1950 – 1970-х годах были открыты и эксплуатировались газоконденсатные и газонефтяные месторождения в бассейнах Скалистых гор и Калифорнии (Сан-Хуан, Лос-Анджелес, Санта-Мария и др.) [11]. В 1976 году Управлением энергетических исследований и разработок США (ERDA) была инициирована программа по изучению нетрадиционных ресурсов газа (Unconventional Gas Research Program), которая включала три проекта по изучению возможностей добычи газа из сланцев девонского возраста на востоке США (Eastern Gas Shales Project), низкопроницаемых песчаных коллекторов на западе США (Western Gas Sands Project) и метана из угольных пластов (Methane Recovery from Coalbeds Project). В 1980 году в связи с принятием закона о льготном налогообложении неожиданных доходов (Crude Oil Windfall Profit Tax Act), известном как «Section 29», резко увеличились инвестиции в проекты освоения месторождений газа из нетрадиционных источников [8, 10]. В 2002 году впервые в сланцевой формации Barnett была пробурена горизонтальная скважина с многоступенчатым ГРП. Теперь такие скважины являются наиболее распространенными на месторождениях газоносных сланцев [12].

Миф 3. Из собственно горючих сланцев газ не добывают. Но в США из слабо преобразованных горючих сланцев добывают газ в Иллинойском (New Albany shale gas play) и Мичиганском (Antrim shale gas play) бассейнах (табл. 1).

Миф 4. В сланцевом газе содержится большое количество углекислого газа, азота, аммиака и других примесей, поэтому такую смесь опасно прокачивать через газопроводы высокого давления, а газ нельзя использовать в теплоэлектростанциях, в промышленности. Эти утверждения справедливы по отношению к искусственному сланцевому газу, в составе которого присутствуют CO₂, CO, H₂S, N₂, H₂ и другие газы, при этом на долю УВ газов обычно приходится 1 – 5%, иногда до 18% [14]. Как видно из таблицы 2, газ из сланцевых формаций по составу не отличается от природного газа традиционных месторождений

Таблица 2
Средний состав газа разрабатываемых газоносных формаций США [13, 15, 16]

Состав	Природный газ	Сланцевая формация					
		Antrim	New Albany	Barnett	Marcellus	Fayetteville	Haynesville
C ₁ , %	94,3	61,98	89,88	86,75	85,20	97,3	95,0
C ₂ , %	2,7	4,18	1,13	6,73	11,28	1,0	0,1
C ₃ , %	0,3	1,05	1,13	1,98	2,88	0,0	0,0
CO ₂ , %	0,5	3,83	7,88	1,67	0,35	1,0	4,8
N ₂ , %	1,5	28,98	-	2,88	0,30	0,7	0,1

и практически имеет такую же теплопроводную способность. Исключение составляет газ биогенного происхождения (формации Antrim и New Albany), но при этом вредные примеси, такие как сероводород, в нем отсутствуют.

Миф 5. Скважины, добывающие природный сланцевый газ, имеют небольшой срок жизни. Единой точки зрения по этому вопросу не существует, считается, что он не превышает 5–7 или 8–12 лет [17]. Но эти цифры основаны на данных кривых падения добычи в скважинах с горизонтальным окончанием ствола за относительно небольшой промежуток времени (3–4 года). Наряду с этим существуют фактические данные о том, что добыча газа из сланцевых формаций вертикальными скважинами осуществляется на протяжении 30–40–50 лет [18]. Такая большая разница в сроках эксплуатации скважин связана с особенностями сланцев как нетрадиционных коллекторов. Что касается горизонтальных скважин в сланцевых формациях, для объективной оценки срока их эксплуатации нет данных. Первая подобная скважина, как отмечено выше, была пробурена в 2002 году, а массовое бурение началось в 2005–2006 годах. Осталось немного подождать и оценить, какое количество из этих скважин будет эксплуатироваться после 2016 года.

Как показывает опыт США в освоении метаноугольных месторождений, основное преимущество горизонтальных скважин по сравнению с вертикальными заключается в увеличении площади контакта в системе «скважина-пласт». Для обеспечения добычи определенного объема газа за небольшой промежуток времени требуется пробурить меньшее количество горизонтальных скважин, чем вертикальных. Однако результаты моделирования накопленной добычи газа из вертикальных и горизонтальных скважин показывают, что с течением времени разница в количестве добытого газа из горизонтальных и вертикальных скважин нивелируется [19].

Экологические мифы

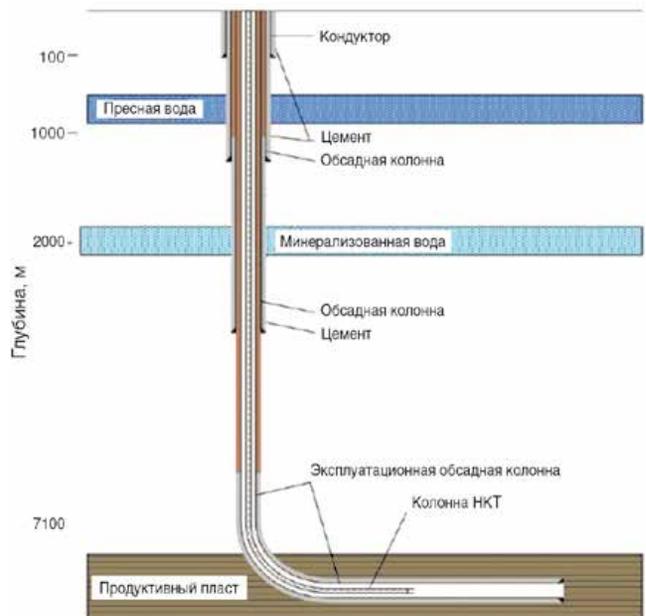
Наиболее распространенные мифы связаны с экологическими последствиями добычи природного сланцевого газа.

НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ГАЗА — РЕГИОНАЛЬНЫЙ РЕСУРС. ЗАТРАТЫ НА ИХ ДОБЫЧУ И ОСОБЕННО ПОДГОТОВКУ К ТРАНСПОРТИРОВКЕ ЗНАЧИТЕЛЬНО ВЫШЕ, ЧЕМ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ТРАДИЦИОННОГО ГАЗА

Миф 6. Многостадийные ГРП могут стать причиной крупных землетрясений в районах добычи сланцевого газа. Сейсмологической службой США, одной из лучших в мире, на своей территории не зафикси-

Рисунок 5

Типовая конструкция скважины для добычи природного сланцевого газа



Источник: [8]

Рисунок 6

Резервуары для сбора жидкости гидроразрыва



Источник: Lavfield Environmental Systems

ровано ни одного крупного землетрясения, которое могло быть связано с добычей газа из сланцевых формаций (рис. 3). В настоящее время существует мнение, что фактически ГРП только в очень редких случаях может быть прямой причиной землетрясений магнитудой не более 3 баллов [20, 21], но этот вопрос требует дальнейшего изучения.

Миф 7. Не очень жесткие экологические требования к разведке и разработке месторождений УВ сырья. Чтобы убедиться в абсурдности данного утверждения, достаточно вспомнить пример аварии на платформе Deepwater Horizon в 2010 году.

Таблица 3

Типовой состав добавок в жидкости для ГРП

для формаций Cotton Valley и Travis Peak в Восточном Техасе [23]

Наименование добавки	Тип добавки	Концентрация
10% FE Acid	Кислота/растворяющее вещество	1000-3000 gal перед гидроразрывом
BA-40L™	Буферный раствор	0,5-2,5 gal/1000 gal
BE-9	Биоцидная присадка	0,25-0,5 gal/1000 gal
CL-23	Сшивающий линейный полимер	0,2-1 gal/1000 gal
Common White Sand 100 mesh	Проппант	0,1-1 lbs/gal
FR-66	Понижитель трения	0,2-1 gal/1000 gal
GasPerm 1100	Поверхностно-активное вещество	0,5-10 gal/1000 gal
HAI-404M™	Антикоррозийная добавка	5-25 gal/1000 gal
LGC-36UC	Жидкий концентрат геля	2,5-6 gal/1000 gal
PRC Premium Sand 40/70 mesh	Проппант	2-3 lbs/gal
Premium White Sand 40/70 mesh	Проппант	0,5-2 lbs/gal
ViCon NF	Разжижитель геля ГРП	1-10 gal/1000 gal

В результате этой экологической катастрофы британская нефтегазовая компания British Petroleum должна выплатить только властям США штрафов на сумму \$4,5 млрд, а общая сумма возмещения ущерба может превысить \$17 млрд [22].

Миф 8. Сланцевый газ добывается в малозаселенных, пустынных районах. Чтобы убедиться в несостоятельности этого представления, достаточно сравнить карту разрабатываемых газоносных сланцев с космическими снимками ночной поверхности (рис. 4).

Миф 9. Загрязнение подземных вод ядовитыми веществами из жидкости гидроразрыва. Безусловно, такая опасность существует, но только при условии грубого нарушения технологии строительства скважин. Продуктивные пласты газоносных черных сланцев представляют собой коллектор нетрадиционного типа, одной из характерных особенностей которого является отсутствие газовой контакта. Поэтому добывающие компании, больше чем кто-либо другой, заинтересованы в надежной изоляции про-

дуктивных пластов от горизонтов подземных вод, так как при попадании воды в систему трещин добыча газа попросту прекратится [8]. Для этого применяют минимум 2–3 колонны обсадных труб с последующей цементацией (рис. 5). Для добычи газа необходимо откачать жидкость ГРП из добывающей скважины. Вода, даже техническая, является полезным ископаемым, за которое нужно платить. Поэтому для снижения затрат откачанную жидкость собирают в специальные амбары (рис. 6) и затем используют при повторных ГРП. Именно в этот момент существует реальная угроза загрязнения окружающей среды, но не для подземных вод, а для почвенного слоя или поверхностных водотоков.

Миф 10. Больше количество ядовитых веществ в жидкости гидроразрыва, используемой при стимуляции газоносных сланцев. Это утверждение также не соответствует действительности. На нефтяных и газовых месторождениях в качестве основы такой жидкости могут использовать нефтепродукты, кислоты, различные гели и т. д., но для газоносных сланцев их использование неприемлемо. Основой жидкости ГРП на месторождениях газоносных сланцев является вода с минимально необходимым количеством добавок, на долю которых приходится 0,5%, иногда до 2% [8]. Оптимальный состав таких добавок ранее являлся коммерческой тайной, но сейчас любой желающий может с ними ознакомиться (рис. 7, табл. 3), например на сайте компании Halliburton [23].

Рисунок 7

Типовой состав жидкости гидроразрыва

для формаций Cotton Valley и Travis Peak



Экономические мифы

Миф 11. Добыча сланцевого газа значительно дороже, чем традиционного природного газа. Все познается в сравнении. Добыча сланцевого газа в США экономически ничем не хуже традиционного. По данным Международного Энергетического Агентства (IEA), себестоимость традиционного и сланцево-

го газа в США составляет \$3–7 за млн б.т.е. (МБТЕ). В России себестоимость газа в традиционных регионах добычи не превышает \$2 за МБТЕ, но в Восточной Сибири или на арктическом шельфе составит те же \$3–7 за МБТЕ (табл. 4).

Миф 12. Природный сланцевый газ является глобальным ресурсом, который может изменить мировой энергетический рынок. Но сами американские специалисты считают нетрадиционные источники газа региональным ресурсом. Затраты на добычу и подготовку к транспортировке газа из этих источников значительно выше, чем на месторождения традиционного типа. Рентабельными такие промыслы могут быть только при условии реализации газа вблизи мест его добычи при минимальных затратах на его транспортировку (рис. 8). Пока говорить об изменении глобального рынка за счет газа из нетрадиционных источников рано, необходимо подождать 5–10 лет. Месторождения нетрадиционных источников УВ существуют не только в США, но и во многих странах мира, однако вначале необходимо провести их детальное геологическое изучение, затем адаптировать существующие технологии добычи к конкретным горно-геологическим условиям и доказать техническую, а затем и коммерческую возможность их разработки.

Мифы о России

Миф 13. В России нет пород-аналогов американских газоносных сланцев, т. к. сланцы — это метаморфические горные породы. Чтобы убедиться в обратном, достаточно открыть Геологический словарь. Термин «сланец» является общим для обозначения обширной группы пород, характеризующихся сланцеватостью как неизменных (глинистые, известковые, битуминозные и др.), так и в различной степени метаморфизованных (аспидные, шиферные, кристаллические и др.) [26]. В нашей стране алевроито-пелитовые породы, содержащие УВ (аналогичные американским газоносным сланцам), называли «глинистые коллекторы» [27].

Миф 14. В сланцевых формациях России нет месторождений природного газа, а есть только месторождения нефти (рис. 9). При этом оценки ресурсов УВ

Таблица 4

Себестоимость добычи газа в 2010 году (\$/млн б.т.е.) [24]

Страна	Традиционный газ	Сланцевый газ	Метан из угольных пластов
США	3-7	3-7	3-7
Европа	5-9	5-10	5-9
Китай	4-8	4-8	3-8
Россия	0-2, 3-7*	-	3-5
Катар	0-2	-	-

* Для РФ нижний диапазон — себестоимость добычи для традиционных регионов добычи: Западная Сибирь и Волго-Уральский регион, верхний диапазон — себестоимость добычи в Восточной Сибири и на арктическом шельфе.

Рисунок 8

Размещение скважин в районе аэропорта г. Даллас



Источник: [25]

неоднозначны. По оценке зарубежных специалистов, технически извлекаемые ресурсы (technically recoverable resource — TRR) в сланцах составляют 75 млрд барр (10 млрд т) нефти и 285 Tcf (8 трлн м³) газа [28]. По данным российских исследователей, предварительные оценки ресурсов сланцевого газа сильно расходятся и колеблются от 9 трлн до 200 трлн м³ [15, 29].

Интерес к нетрадиционным ресурсам углеводородов в сланцевых формациях, как принято называть их в настоящее время, в СССР возник в конце 1960-х годов, когда были открыты залежи нефти, связанные с глинистыми породами баженовской свиты Западной Сибири. Это заставило обратить внимание исследователей на аналогичные отложения. В результате сначала были выявлены проявления нефти и газа в глинистых коллекторах (сланцевых формациях) в Прикарпатье, Предкавказье, Волго-Уральском регионе, Прикаспии, Средней Азии, Восточной Сибири, на Сахалине и Камчатке, а затем открыты промышленные месторождения (Шийское, Журавское, Воробьевское, Окружное и др.) [11, 27]. В настоящее время часть месторождений все еще находится на стадии разведки, на другой части осуществляется добы-

Рисунок 9

Распространение на территории России толщ (свит), способных содержать сланцевые УВ



Источник: [30]

ча природной сланцевой нефти и газа. Следует отметить, что до открытия промышленных залежей нефти в баженовской свите Западной Сибири вопрос о сланцевых формациях как коллекторах нефти в СССР даже не ставился, а все месторождения с глинистыми коллекторами открыты случайно и не требовали проведения дорогостоящих методов интенсификации притоков флюидов [27].

Выводы

Наличие мифов в целом препятствует постановке работ по изучению возможностей добычи УВ из сланцевых формаций. Необходимость подобных работ в нашей стране обусловлена не увеличением ресурсной базы углеводородного сырья за счет нетрадиционных источников, а развитием технологий повышения коэффициентов нефте- и газоотдачи, в том числе и на месторождениях традиционного типа. Освоение

ИЗУЧАТЬ ВОЗМОЖНОСТИ ДОБЫЧИ УВ ИЗ СЛАНЦЕВЫХ ФОРМАЦИЙ В РОССИИ НЕОБХОДИМО НЕ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ РЕСУРСНОЙ БАЗЫ, А С ЦЕЛЬЮ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕ- И ГАЗООТДАЧИ, В ТОМ ЧИСЛЕ И ДЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТРАДИЦИОННОГО ТИПА

ресурсов нефти и газа сланцевых формаций должно быть основано на изучении и использовании мирового опыта, который показывает, что оценить нетради-

ционный источник УВ, изучая его как традиционный объект, невозможно. В целом российские эксперты отмечают, что вопрос целесообразности разработки газоносных сланцев в России остается открытым из-за наличия огромных разведанных запасов традиционного газа и пока еще высокой стоимости добычи природного сланцевого газа по сравнению с традиционным [15].

На территории России сланценозные и черносланцевые формации распространены практически во всех осадочных бассейнах и приурочены к отложениям широкого возрастного диапазона от кембрия до неогена включительно. Учитывая тот факт, что природный сланцевый газ является региональным ресурсом, при выборе участков для постановки экспериментальных работ наряду с благоприятными геологическими предпосылками необходимо обратить внимание на наличие необходимой инфраструктуры и потенциальных потребителей продукции. Перспективными объектами изучения в этом случае могут стать горячие сланцы ордовикского возраста на северо-западе Восточно-Европейской платформы, юрского возраста — на востоке Восточно-Европейской платформы и Забайкалья, при условии наличия в них биогенетического газа, т. е. если они залегают ниже зоны газового выветривания (по угольной терминологии) — обычно 300 м от дневной поверхности. Аналогом подобных месторождений можно рассматривать сланценозные формации New Albany и Antrim. Другим объек-

том изучения могут быть нефтегазоматеринские черносланцевые формации в районах разработки традиционных месторождений нефти и газа, при этом необходимо учитывать, что в этом случае велика вероятность выявления в них как газообразных, так и жидких УВ. Перспективными представляются майкопские и хадумские отложения Предкавказья, пиленгская свита о. Сахалин, аналогом которых являются формации Barnett и Eagle Ford, или отложения доманика франского яруса верхнего девона Волго-Уральского региона (объекты-аналоги — формации Marcellus, Ohio или Bakken).

Для предварительной оценки прогнозных ресурсов УВ в сланцевых формациях необходимы значительные капиталовложения и проведение в большом объеме геологоразведочных, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Для достоверных оценок нужен фактический материал, который можно получить только в результате бурения и специальных исследований скважин (керна, ГДИ, ГИС), сугубо научные изыскания проблему не решат. Поэтому без консолидации усилий государства, добывающих компаний-недропользователей, научных и геологоразведочных учреждений проблему объективной оценки ресурсов и возможностей добычи нетрадиционных ресурсов УВ решить невозможно. 💧

Литература

- BP, Statistical Review of World Energy. June 2010. <http://bp.com/statisticalreview>.
- Law, B. E., and J. B. Curtis, 2002, Introduction to unconventional petroleum systems: AAPG Bulletin, v. 86 (11), p. 1851–1852.
- Saulsbury, J. L., Schafer, P. S. and Schraufnagel, R. A., eds.: A Guide to Coalbed Methane Reservoir Engineering, Gas Research Institute Report GRI-94/0397, Chicago, Illinois, 1996.
- Development of Laboratory and Petrophysical Techniques for Evaluating Shale Reservoirs, Gas Research Institute Final Report, GRI-95/0496, Chicago, Illinois, April 1996. 304 p.
- Евдошенко Ю. В. Сланцевый газ Петрограда//Газ России, № 3, 2010. — С. 92–94
- Горючие сланцы/Под ред. Т. Ф. Йена, Дж. В. Чилингаряна. Пер. с англ. — Л.: Недра, 1980. — 262 с. Пер. изд.: Голландия, 1976.
- Deborah Gordon, "Understanding Unconventional Oil," Carnegie Paper, May 2012, http://carnegieendowment.org/files/unconventional_oil.pdf.
- U. S. Department of Energy. Modern Shale Gas Development in the United States: A Primer. April 2009, http://www.lucid-energy.com/sites/default/files/resources_shalegasprimer.pdf
- Curtis, J. B., 2002, Fractured shale-gas systems: AAPG Bulletin, v. 86, p. 1921–1938.
- Australian Unconventional Oil & Gas. Time to Ride the Wave. 2013 http://www.armouenergy.com.au/assets/downloads/investment_research/2013/investment_research/09-2013_rfc-ambrian_australian-unconventional_oil_and_gas_report.pdf
- Баженова О. К. Аутигенная нефтеносность — свойство глинисто-кремнистых толщ//Геология и геохимия горючих ископаемых. М.: ВНИИЗарубежгеология, 1995. С. 129–135.
- Halliburton, 2007. "Developing Gas Shale Reserves." Advances in Unconventional Gas. A Hart Energy Publication. p. 28. <http://www.halliburton.com/public/pe/contents/Brochures/Web/H05270.pdf>
- Bullin, K. A., and Krouskop, P. E., 2009, Compositional variety complicates processing plans for U. S. shale gas: Oil & Gas Journal, v. 107, issue 10, special report.
- Булкатов А. Н., Мовсум-заде Э. М., Мясоедова В. В. Газификация углей, горючих сланцев и других видов органического топлива//Химическое и нефтегазовое машиностроение, 2009. № 10. — С. 15–17.
- Первые 5 лет «сланцевой революции»: что мы теперь знаем наверняка//Информационно-аналитический обзор. ИНЭИ РАН, 2012, ноябрь. URL: http://www.eriras.ru/files/slancjevyj_gaz_5_ljet_nojabr_2012.pdf.
- Variability of Natural Gas Composition In Select Major Metropolitan Areas Of The United States, Final Report, GRI-92/0123, Gas Research Institute, 1992.
- Berman, Arthur, 2009, Lessons from the Barnett Shale suggest caution in other shale plays, in Association for the Study of Peak Oil and Gas — USA: Washington, D. C., Association for the Study of Peak Oil and Gas USA. <http://www.aspousa.org/index.php/2009/08/lessons-from-the-barnett-shale-suggest-caution-in-other-shale-plays/>.
- Michigan Public Service Commission, 2010, Michigan Antrim Shale Production: History and Physical Attributes As It relates To U-16230 p.47. http://bluescaperesources.com/main/wp-content/uploads/about/technicalpublications/development_barnett_shale_play_fact_book.pdf.
- Сторонский Н. М., Баранцевич С. В., Кейбал А. В. Обманчивая простота метаноугольных скважин. Ч. 1.//НефтеГазоПромысловый ИНЖИНИРИНГ. — 2007. — С. 10–15.
- Green, C. A.; Styles, P.; Baprie, B. J. Preese Hall shale gas fracturing: Review and recommendations for induced seismic mitigation. Department of Energy and Climate Change: London, 2012.
- USGS. "Man-Made Earthquakes Update." Jan 17, 2014. www.usgs.gov/blogs/features/usgs_top_story/man-made-earthquakes/
- Звонова О. Авария в Мексиканском заливе: хроника событий и экологические последствия//Аргументы и факты, 20.02.13 <http://www.aif.ru/dontknow/file/eco/12935>
- Halliburton. (2013). Fluids Disclosure. Retrieved 2013, from http://www.halliburton.com/public/projects/pubsdata/Hydraulic_Fracturing/fluids_disclosure.html
- International Energy Agency: Golden Rules for a Golden Age of Gas: World Energy Outlook Special Report on Unconventional Gas. May 2012, p. 124. http://www.worldenergyoutlook.org/media/weoweb/2012/goldenrules/WE02012_GoldenRulesReport.pdf
- Weijermars, R., 2013. Barnett at DFW provides lessons on shale gas projects at US airports. Oil and Gas Journal, Vol. 111, Issue 8, p. 22–27
- Геологический словарь. В трех томах. Издание третье, перераб. и доп./Гл. ред. О. В. Петров. Т. 3. Р-Я. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2012. — 440 с.
- Клубова Т. Т. Глинистые коллекторы нефти и газа. М.: Недра, 1988. — 157 с.
- Energy Information Administration (EIA). Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States (June 13, 2013), <http://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas>.
- Дмитриевский А. Н., Высоцкий В. И. Нефтегазовый потенциал сланцевых формаций мира/XI Международная конференция «Новые идеи в науках о Земле», Москва, Российский государственный геологоразведочный университет, 09–12 апреля, 2013 г.: Материалы пленарного заседания/МГРИ-РГГУ. — М.: Ваш полиграфический партнер, 2013. — С. 27–35.
- Жарков А. М. Оценка потенциала сланцевых углеводородов России//Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2011, № 3. — С. 16–21.